

利用数字地图资源提取高程信息自动生成 STAR-CD 地形数据网格方法研究

太原理工大学环境科学与工程学院 杨晋明 崔慧玲

摘要 :分析了使用专业的 CFD 软件来模拟污染物扩散问题时地形数据的输入方法及可用性,在此基础上提出一种全新的软件方法解决地形数据输入繁琐容易出错的问题,并介绍了该软件的基本原理及界面,具有一定的工程实用意义。

关键词 :大气 污染物扩散 数字地形图 高程 软件

Abstract: The article analyze methods to input terrain data and availability of the methods when by using professional CFD software to simulate air pollutant dispersion problem. On the basis of discussing, a new software solution to complicated terrain data input is proposed which can be used to avoid some error, and the basic principles of software and interface are introduced, the project has a certain practical significance

Key Words: Air, Pollutant dispersion, Digital topographic map, Elevation, Software

1 前言

在进行大气污染物扩散模拟时,通常使用风洞进行试验模拟、做示踪试验或者使用专业的 CFD 软件进行数值模拟。风洞试验需要有专门的风洞试验台,风洞造价高昂,调试复杂并且需要有地形的三维模型,而做示踪试验更要耗费大量的人力物力,周期也长,所以随着目前数值模拟技术的进步以及专业软件费用下降,越来越多的科研人员使用专业的 CFD 软件如 FLUENT、STAR CD 等来模拟污染物扩散问题,使用手工方法建立 CFD 软件所需的地形数据网格文件,对于小尺度扩散问题是可能的,但对于中尺度、大尺度扩散问题,其难度及效率可想而知。鉴于目前丰富的数字地图网络资源,则提供了解决该问题的可能性。

2 CFD 网格数据文件格式

在利用 CFD 软件进行大气污染物扩散问题求解之前,必须首先构造地形网格,当然我们可以逐点输入地形数据(X, Y, Z),但数据量是非常大的,操作繁琐。CFD 软件也支持数据文件的输入,即将地形数据用文本编辑器生成数据文件,然后输入 CFD 即可。

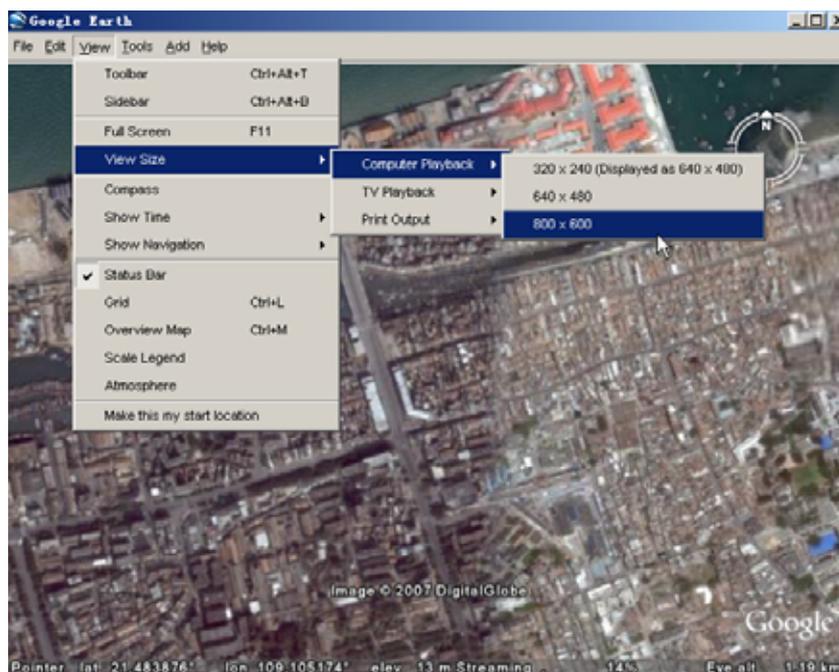
3 CFD 高程点数据来源及可用性分析

3.1 利用 GOOGLE EARTH 及其 API

众所周知 GE(Google Earth)具有全球丰富的地图资源,具有默认视图、地球卫星图像及混合普通视图和卫星视图三种地图模式,并提供了开源 GOOGLE API,要使用该 API,需要先注册以获得 API 密钥。收到 API 密钥之后,即可以按照 API 的说明开发地图应用程序。在 Google 地图中,包含了高程信息,其全球精度达到 90 米。这提供了利用开源 GOOGLE API 提取其高程信息的可能。Google 地图的精度存在问题,对中小尺度的扩散问题建立模型网格存在较大误差

3.1.1 INTERNET 上一种利用 GOOGLE EARTH 及其 API 提取高程的方法(资料来源于:WWW.CHINA3VIEW.COM)

该方法是利用 GOOGLE EARTH API 开发的一个软件,首先安装 Google Earth,打开地图,并设置成如下图一所示的界面:隐藏左边的 sidebar,然后在设置 View->View Size->Computer Playback->800*600 选项即可。同时需要开启 Google Earth 的 Terrain 选项。其次运行该软件设置好采样参数之后就可以采集高程数据,如图二所示。



图一 GOOGLE EARTH 界面设置

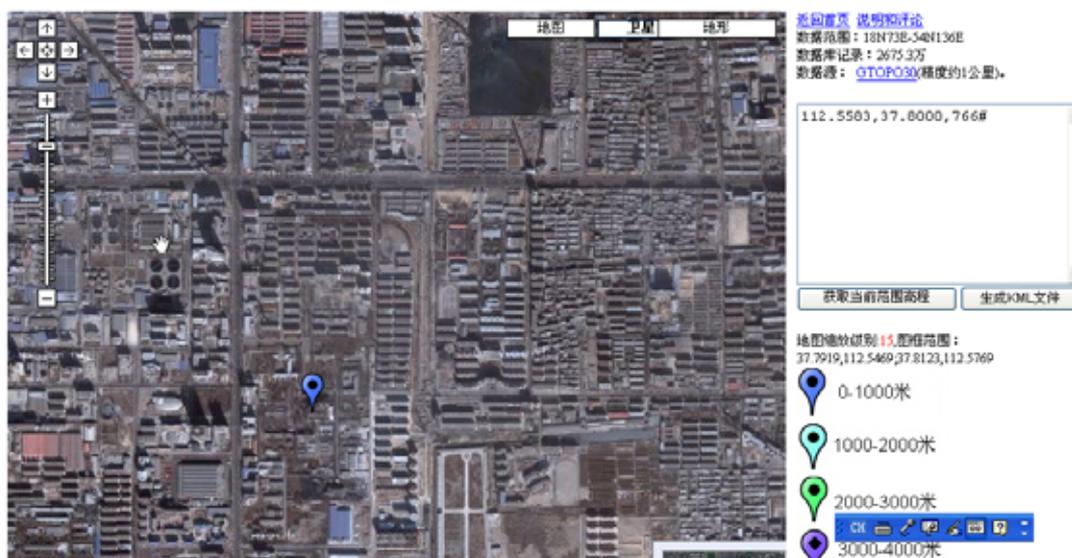


图二 利用 GOOGLE EARTH 采集高程软件界面

3.1.2 INTERNET 上一种在线浏览及生成中国境内高程数据的方法 (资料来源于:

<http://beta.cvh.org.cn/elev/>)

该网站集成 GTOPO30 中国境内的所有高程数据 (范围 18N73E-54N136E, 可检索记录为 2675.3 万条), 检索条件设置为在 Google Map 上的缩放级别必须在 13 或以上 (对应村庄一级的精度, 约 1 公里左右)。同时, 可以在线转换数据为 KML 文件, 便于在 Google Earth 上浏览。下图是以太原某区域的卫星地图, 选取一点后可提取该点高程, 但要提取大量数据仍是非常繁琐。



图三 某区域地图提取高程数据

3.2 利用数字地图等高线生成 DEM 文件方法

目前数字地图资源丰富, 具有精确度高的优点, 可以利用数字地图的等高线生成 DEM 文件, 再通过软件编制可提取高程信息, 自动编程生成网格文件。从数学的角度, 高程模型是高程 Z 关于平面坐标 X, Y 两个自变量的连续函数, 数字高程模型 (DEM) 只是它的一个有限的离散表示。高程模型最常见的表达是相对于海平面的海拔高度, 或某个参考平面的相对高度, 所以高程模型又叫地形模型。实际上地形模型不仅包含高程属性, 还包含其它的地表形态属性, 如坡度、坡向等, 是带有空间位置特征和地形属性特征的数字描述。数字地形模型中地形属性为高程时称为数字高程模型 (Digital Elevation Model, 简称 DEM)。高程是地理空间中的第三维坐标, 由于传统的地理信息系统的数据结构都是二维的, 数字高程模型的建立是一个必要的补充。DEM 通常用地表规则网格单元构成的高程矩阵表示, 广义的 DEM 还包括等高线、三角网等所有表达地面高程的数字表示。

DEM 的核心是的地形表面特征点的三维坐标数据和一套对地表提供连续描述的算法, 最基本的 DEM 由一系列地面点 x, y 位置及其相联系的高程 Z 所组成, 用数学函数式表达是: $Z=f(x, y), (x, y)$ DEM 所在的区域。

由于数据观测方法和获取途径不同, DEM 数据分布具有明显的特征, 主要可以分成两类: 格网数据和离散数据。格网数据把 DEM 覆盖区划分成规则格网, 每个网格大小和形状都相同, 用相应矩阵元素的行列号来实现网格点的二维地理空间定位, 第三维为特性值, 可以是高程和属性。但当受到观测手段的限制, 无法得到所有地理位置上观测场值, 也不可能按规则网获取数据时, 得到的就是离散数据, 它表示的是不规则分布的离散样点平面坐标, 第三维仍为高程和属性特征值。

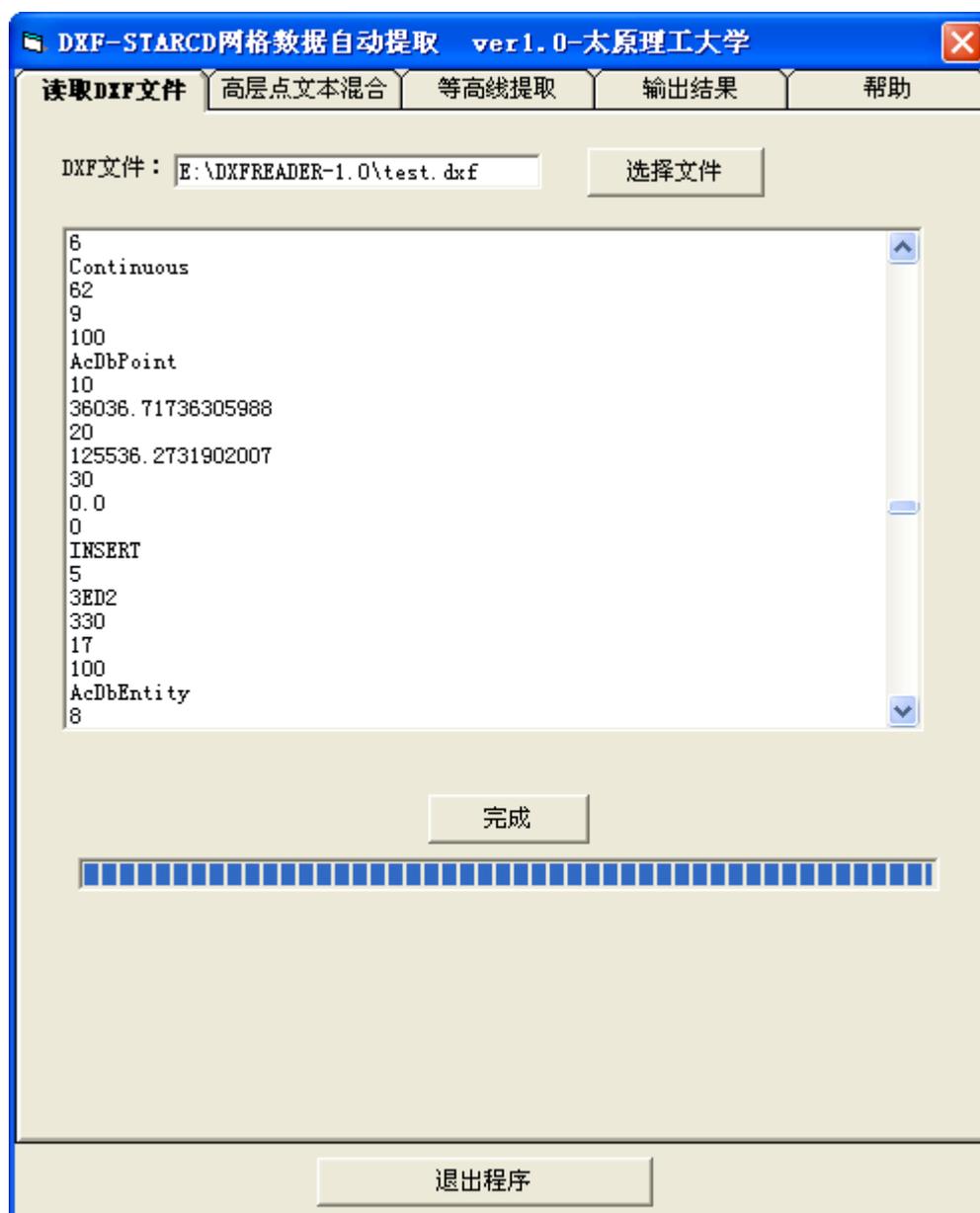
使用 ARC GIS 软件读取数字地图自动生成 DEM 数据文件 然后通过编写代码读取 DEM 数据转换为能够被 CFD 识别和读取的数据文件。其缺点是需要使用昂贵 ARC GIS 软件和数字地图资源。

4 作者开发的一种实用 CFD 高程点数据提取软件

测绘部门有完整测绘地形图,按照实际的地理位置并遵循一定的制图标准坐标绘制,地图格式为 AUTO CAD 软件的 DWG 文件,通常提供给市政、规划等相关行业使用。由于该数字地形图是二维的,通常在上面有测绘点,并标注有该测绘点的高程文本。作者开发了一个软件,利用 AUTO CAD 软件将 DWG 格式的数字地形图首先生成文本格式的 DXF 文件,编写程序读取该文件,通过智能化的算法分析、识别及筛选数据,将二维的测绘点的平面位置坐标与该点的高程文本组合为三维点,并按照 CFD (本软件按照 STAR CD) 要求的格式自动生成数据文件,可直接应用于 CFD 生成地形数据网格。该软件准确度高(经实际比对 100% 识别正确),使用简单方便。可供相关人员参考。

4.1 读取 DXF 文件

人们通常使用 AUTO CAD 绘制图形文件,文件默认格式为二进制 DWG 文件,但在 CAD 中只需要使用简单命令 DXFOUT,即可把 DWG 文件转换为 DXF 文件,DXF 文件是标准的数据交换文本文件,将电子地形图转换为 DXF 后,首先使用该软件将 DXF 文件读入,如下图所示:



图四 DXF 读取界面

4.2 智能提取高程点数据

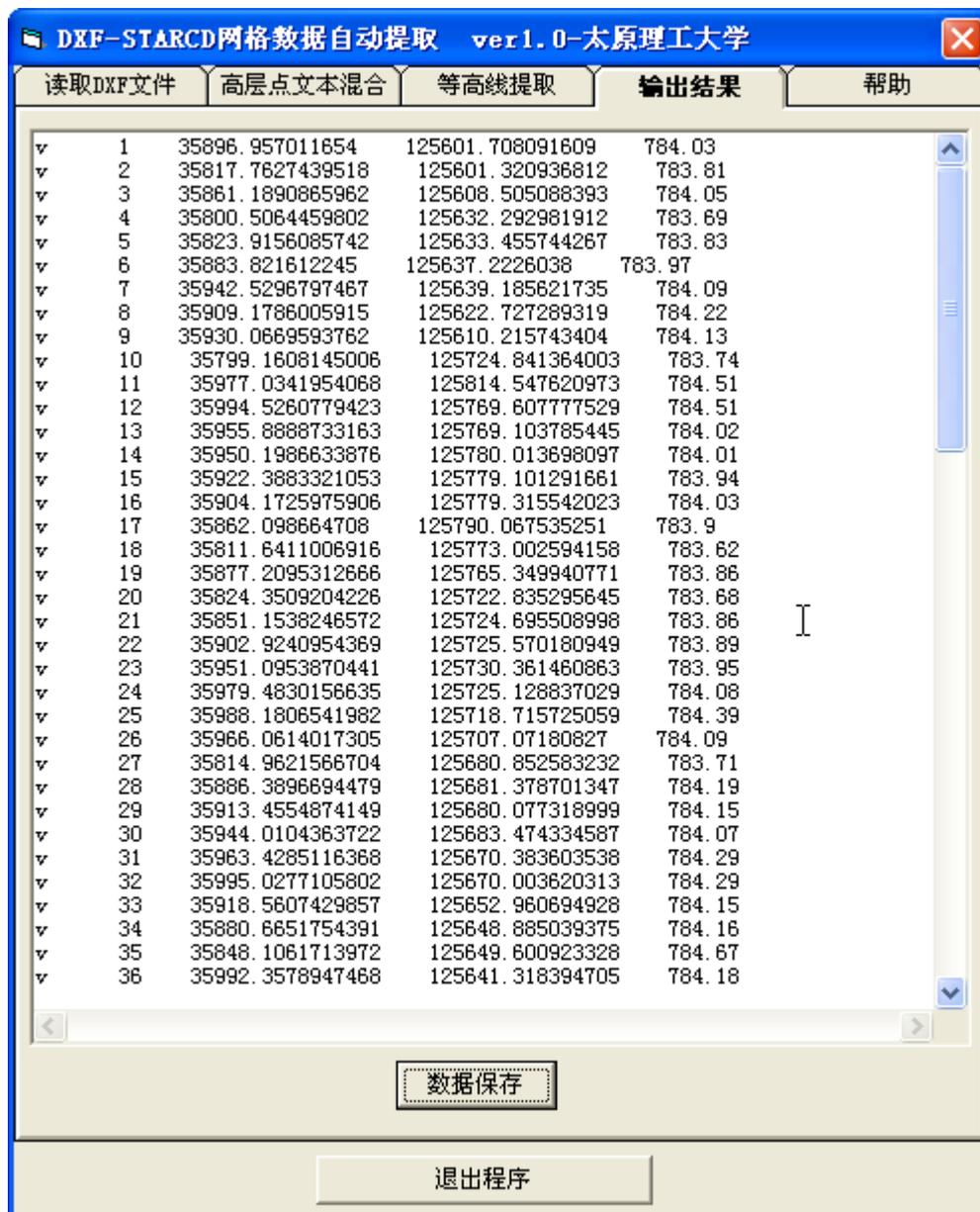


图五 高程点提取界面

如图五所示，首先点击“提取原始数据”按钮，软件将提取 DXF 文件中所有绘制的点的信息和文本信息，从列表中显示的信息，我们可以很容易判断，绘制的高程点和高程文本均绘制于图层“1210”，另外也可以在 AUTO CAD 中查看这些高程点和高程文本所在图层，然后在下拉列表中选择图层“1210”，点击“图层筛选”按钮，将只显示在图层“1210”上的文本和点数据，这就是电子地形图中描述高程的相关数据。下面就是软件将二维点坐标与高程文本重新组合为三维的点坐标，为提高识别速度和准确率，可适当利用软件提供的三个准则：基准高程、高程偏差及高程点与标注文本距离。如图所示基准高程 780，高程偏差 100 表示电子地形图中的高程文本是数字，其范围从 680 米到 880 米，而不属于此范围的数字不判断为高程文本，这二个参数可以从电子地形图很容易得到，通常在电子地形图中高程点与标注文本距离很近，程序通过循环计算，将离某一高程点最近的高程文本与该点配对，为提高匹配数据的速度，输入一个高程点与标注文本的最大距离，如图所示为 200，即在程序循

环计算中,距离高程点超过 200 图形单位的数据均不比较计算,提高了计算速度。最后点击“提取高程数据”按钮,即可将计算结果在第三个列表中显示。

4.3 高程点数据保存

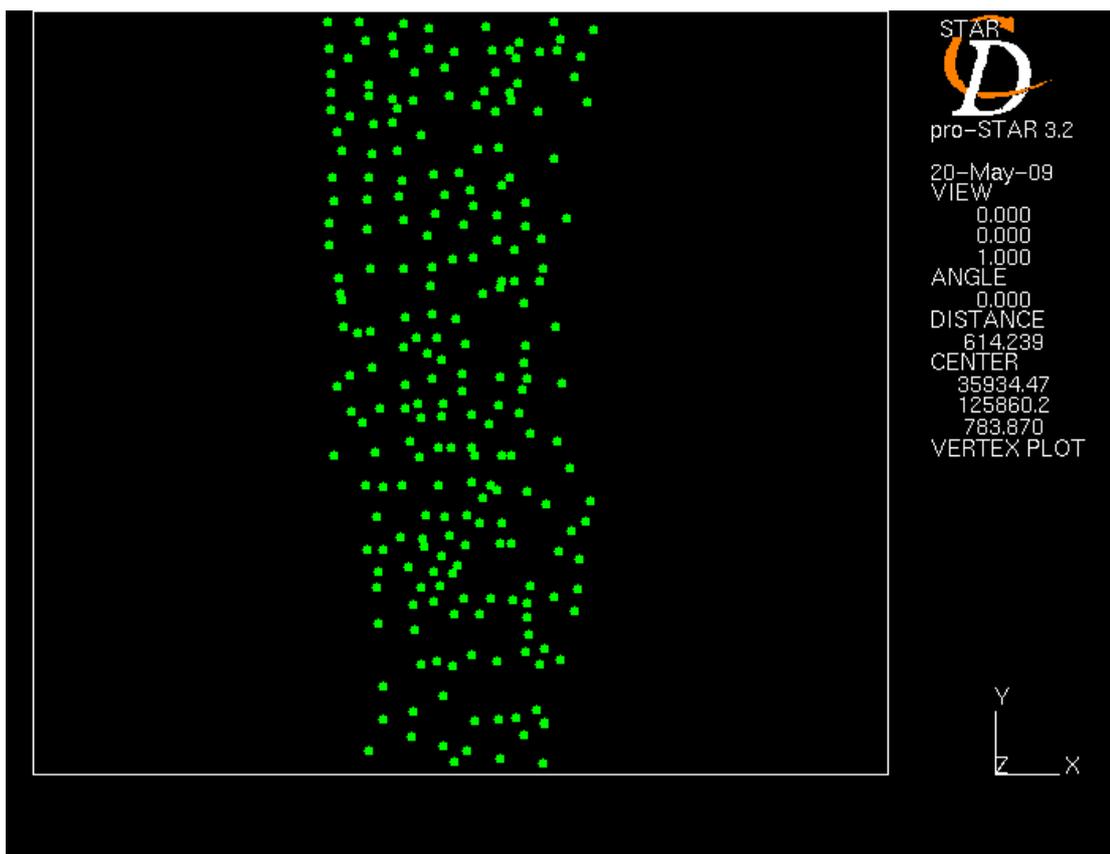


图六 自动生成的 STAR CD 地形数据文件

如图六所示,点击“数据保存”按钮,软件自动将计算结果保存为 CFD 软件所需要的文本格式。该软件是按照 STAR CD 软件所需的格式保存的,也可以按照其他 CFD 软件要求的地形网格数据格式保存。

4.4 STAR-CD 直接读取软件生成的高程数据文件

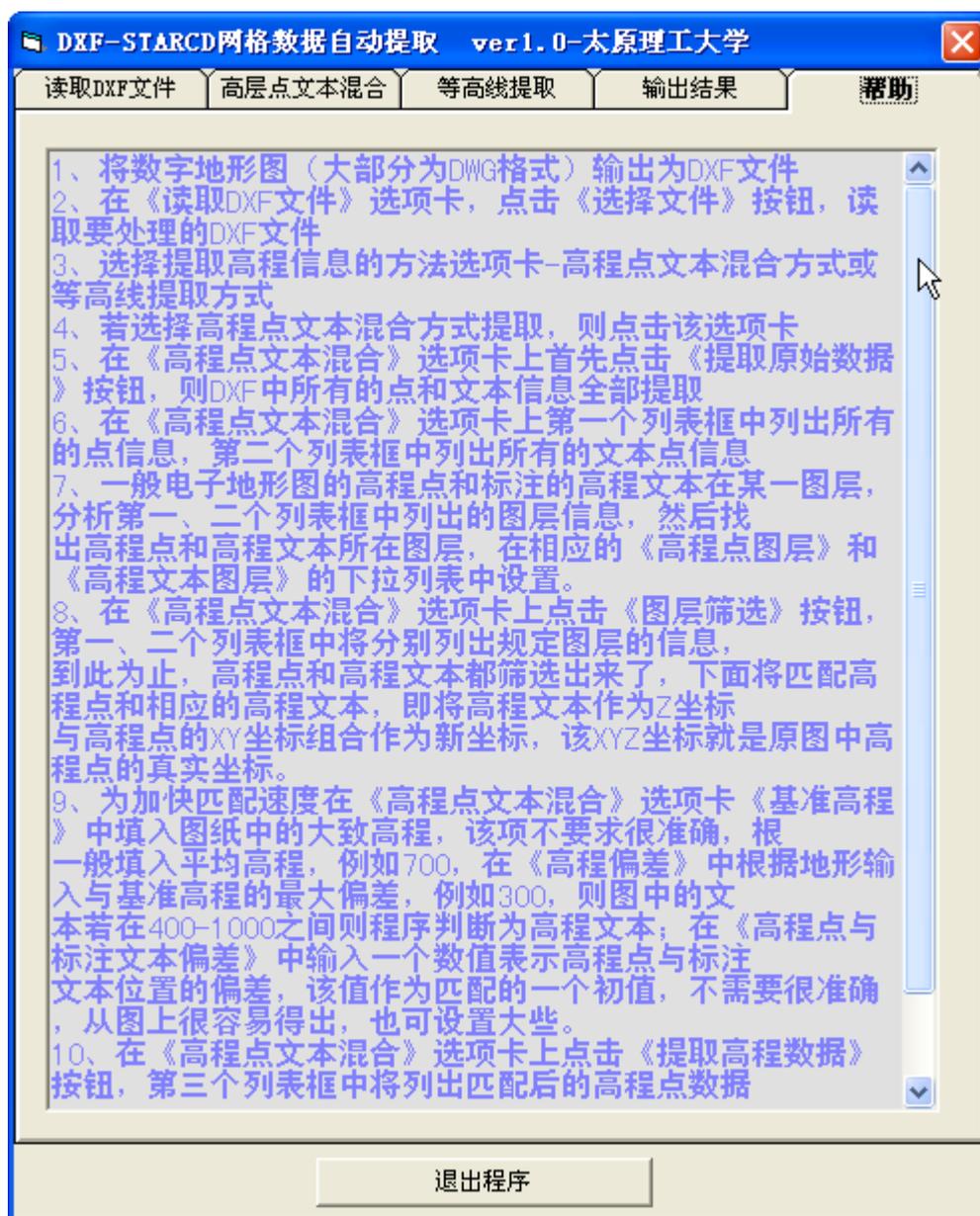
利用 STAR-CD 提供的读取网格数据文件的命令 IFILE,可以直接读取生成的数据文件,读取结果如图七所示,读取速度是很快的。



图七 STAR CD 读取地形数据后的显示

4.5 软件帮助

该软件提供了使用帮助，只需按照软件帮助提示，即可轻松完成地形数据的提取，如图八所示。



图八 软件的使用帮助

5 结论与探讨

使用作者开发的利用数字地形图提取高程信息，是一种高效、方便的方法，能自动生成CFD软件使用的地形数据文件，大大减小了在利用CFD软件进行污染物扩散模拟研究时，繁琐的地形数据的录入工作，提高了效率，大大降低了数据输入可能出错的风险，具有一定的实用性。

由于时间仓促，当然本软件的编写还存在一些不足之处，还需要进一步的完善，仅以此文和专家探讨交流：

- (1) 本软件对高程数据的提取只完成了高层点文本混合模式，即针对测绘部门的电子地形图（DWG文件）进行数据处理，该地形图是遵循一定的部门或行业的制图规则的，编制软件使用的地形图，其电子图上标高用点表示，并在附近用文本标注高程，且点及文本均设置在一特定图层，根据此规律提取CFD软件所需的地形高程数据网格。根据AUTO CAD制图规范，这类地形图应是有规律的，只要有规律就可以根据算法提取数据；对于小尺度的大气污染扩散问题，例如城市污染

扩散问题，考虑下垫面可能要除地形外还要涉及到建筑，软件没有考虑。但研究目前的电子地形图发现图纸中建筑本身绘制也有规律，例如标有“砖 6”、“砖 5”文字，并有建筑的轮廓线，而且在一特定图层，所以从图中提取建筑高度信息也是可以的；

- (2) 对于等高线电子图提取高程数据，也是可行的，当然前提是只要等高线电子图遵循一定的制图规范，如等高线使用特定的线型，图层，颜色等信息，该部分以后会完善；
- (3) 在提取高程数据时，对于高程点数据没有按照 CFD 软件对数据点的顺序要求进行优化，可以在软件中提取数据点的过程中根据 XY 坐标的大小按照优化要求进行算法设计，这一点较容易实现。